



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Agricultura de Barcelona**

# **PROPOSTA DE BIOREMEDIACIÓ DE L'ESTANY OLLA DEL REI DE CASTELLDEFELS**

Treball final de grau

Enginyeria en Sistemes Biològics

Autor: Maria Vidiella i Martin

Tutor: Teresa Balanyà i Martí  
Xavier Fàbregas Bargalló

9 de Juny del 2017

## Resum

Autor: Vidiella i Martin, Maria

Tutors: Balanyà i Martí, Teresa  
Fàbregas Bargalló, Xavier

Paraules clau: *eutrofització, aiguamolls construïts, zona humida, macròfits emergents*

L'espai educatiu i de recerca del campus de la UPC i del Parc Mediterrani de la Tecnologia (PMT) inclou un espai naturalitzat que el diferencia: l'estany anomenat "Olla del Rei", inclòs a l'Inventari de Zones Humides de Catalunya.

L'evolució del sistema i les afectacions que ocasionen la xarxa de corredors del municipi de Castelldefels, que està connectada permanentment a la llacuna, han generat un seguit de problemes que amenacen l'existència de l'estany com a espai naturalitzat: eutrofització i pèrdua de qualitat de l'aigua, creixement exponencial d'espècies invasores i retrocés de la biodiversitat d'espècies, entre d'altres.

El present projecte pretén dissenyar, justificar i descriure una proposta d'actuació ambiental per tal de millorar la qualitat de la massa d'aigua de l'estany, a través de la implementació, mitjançant tècniques de bioenginyeria, d'uns aiguamolls construïts de flux subsuperficial horitzontal, farcits de grava i vegetats, en dos trams diferenciats de l'estany, que permetran la reducció de nutrients presents en la làmina d'aigua.

El projecte inclou, a més, pautes per a potenciar activitats divulgatives a l'entorn de l'estany i, així, implicar la ciutadania en la seva conservació i preservació.

## Resumen

Autor: Vidiella i Martin, Maria

Tutores: Balanyà i Martí, Teresa  
Fàbregas Bargalló, Xavier

Palabras clave: *eutrofización, humedales contruidos, zona húmeda, macrofitos emergentes*

El espacio educativo y de investigación del campus de la UPC y del Parque Mediterráneo de la Tecnología (PMT) contiene una zona naturalizada que lo diferencia: el estanque conocido como “Olla del Rei”, incluido en el Inventario de Zonas Húmedas de Cataluña.

La evolución del sistema y las incidencias que provoca la red de drenaje de pluviales del municipio de Castelldefels conectada permanentemente al estanque, han generado una serie de problemas que amenazan su supervivencia como espacio naturalizado: eutrofización y pérdida de calidad del agua, crecimiento exponencial de especies invasoras y retroceso de la biodiversidad de especies, entre otros.

El presente proyecto pretende diseñar, justificar y describir una propuesta de actuación ambiental, con objetivo de mejorar la calidad de la masa de agua del estanque a través de la implementación, por medio de técnicas de bioingeniería, de unos humedales contruidos de flujo sub-superficial horizontal, rellenos de grava y con macrofitos emergentes, en dos tramos diferenciados del estanque, que permitirán la reducción de nutrientes presentes en la lámina de agua.

El proyecto también incluye pautas para potenciar actividades divulgativas en el entorno del estanque, así como indicaciones para implicar a la ciudadanía en su conservación y preservación



## Abstract

Author: Vidiella i Martin, Maria

Tutors: Balanyà i Martí, Teresa  
Fàbregas Bargalló, Xavier

*Keywords: eutrophication, constructed wetlands, wetland area, emerging macrophytes*

The UPC campus and the Mediterranean Technology Park (PMT) is an educational and research site that includes a naturalized area that sets it apart: the lake called “Olla del Rei”, included in the inventory of wetlands in Catalonia.

The evolution of the system and the effects caused by the network of drainage channels connected to the lagoon, have generated huge problems that threaten the existence of the lake as a natural area: eutrophication and loss of quality of the water, the exponential growth of invasive species and biodiversity decline of species, among others.

The present project aims to design, justify and describe a proposal for environmental performance in order to improve the quality of the mass of water from the lake, through the implementation, using bioengineering techniques, of a horizontal subsurface flow constructed wetlands filled with gravel and plants, in two different sections of the lake, which will allow the reduction of nutrients in the water.

The project includes, in addition, guidelines for strengthening outreach activities to the environment of the Lake and thus aims to involve the public in its conservation and preservation.



*En aquests temps, en què els espais naturals semblen retrocedir inexorablement davant l'especulació humana, els projectes d'aquesta mena, tot i les seves limitacions, poden contribuir a crear i mantenir els aiguamolls que no fa gaire temps recobrien el nostre territori, un senyal d'identitat del paisatge que no ens hem de resignar a perdre.*

## Sumari

<b>ÍNDEX DE FIGURES</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDEX DE TAULES</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>12</b>
1.1. Context històric i emplaçament	12
1.2. Antecedents d'actuacions realitzades	18
1.3. Aiguamolls construïts per a la depuració d'aigües	21
1.3.1. Tipus d'aiguamolls construïts	22
1.3.2. Aiguamolls de Flux Subsuperficial Horitzontal	23
1.3.2.1. Medi granular	22
1.3.2.2. Vegetació	23
<b>2. OBJECTE</b>	<b>26</b>
<b>3. LÍNIES D'INTERVENCIÓ</b>	<b>27</b>
3.1. Diagnosi ambiental prèvia	27
3.1.1. L'estany com a unitat de gestió	27
3.1.2. Qualitat de l'aigua	28
3.1.2.1. Característiques Físicoquímiques	27
3.1.3. Documentació fotogràfica de l'estat actual de l'estany	38
3.1.4. Usos de l'espai i problemàtiques associades	40
3.2. Propostes d'actuacions	40
3.2.1. Actuació 1. Construcció dels aiguamolls artificials de flux subsuperficial horitzontal	40
3.2.1.1. Elements constituents dels aiguamolls	41
3.2.1.1.1. Gabions flexibles tubulars tipus Rock Roll	41
3.2.1.1.2. Medi granular	43
3.2.1.1.3. Geomalla orgànica	44
3.2.1.1.4. Geotèxtil permanent	45
3.2.1.1.5. Macròfits emergents	46
3.2.2. Actuació 2. Desenvolupament d'un pla de comunicació i divulgació	47
<b>4. JUSTIFICACIÓ DE PREUS</b>	<b>50</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>51</b>
<b>6. ANNEXES</b>	<b>53</b>







## Índex de figures

<b>Figura 1.</b> Ortofoto de la fase de construcció de l'estany. <i>ICGC</i>	12
<b>Figura 2.</b> Imatges de la fase de construcció de l'estany (Piera i Torre, 2003)	12
<b>Figura 3.</b> Vista aèria de l'estany de laminació del Campus del Baix Llobregat ( <a href="http://www.estudiantes.elpais.com">www.estudiantes.elpais.com</a> )	14
<b>Figura 4.</b> Imatge de l'estany a finals de l'any 2000 (De Mingo i Torre, 2004)	14
<b>Figura 5.</b> Xarxa de corredors de les aigües pluvials de Castelldefels i canal d'intercepció de conques (Font pròpia).	15
<b>Figura 6.</b> Imatge de les barreres d'illes flotants de macròfits (UPC-Naturealea, 2013)	18
<b>Figura 7.</b> Imatge de la tanca de delimitació amb fusta de castanyer i cordatge (UPC-Naturealea, 2013)	18
<b>Figura 8.</b> Vista aèria dels trams on ha estat instal·lada la tanca de delimitació (UPC-Naturealea, 2013)	19
<b>Figura 9.</b> Imatge aèria on s'indiquen els punts on s'han instal·lat les barreres flotants i les illes flotants de macròfits i els observatoris de fauna (Font pròpia)	19
<b>Figura 10.</b> Espècies vegetals més usades en els sistemes SSF	23
<b>Figura 11.</b> Imatge dels 5 punts on es va fer el mostreig, d'esquerra a dreta LL1, LL2, LL3, LL4 i canal (Font pròpia)	27
<b>Figura 12.</b> Gràfic comparatiu de la quantitat d'oxigen dissolt present als diferents punts de l'estany i al canal	29
<b>Figura 13.</b> Gràfic comparatiu de la quantitat de fòsfor present a l'estany en el mostreig de l'abril i el mostreig del novembre, per les mostres preses a superfície	32
<b>Figura 14.</b> Gràfic comparatiu de la quantitat de nitrogen present a l'estany en el mostreig de l'abril i el mostreig del novembre, per les mostres preses a superfície	32
<b>Figura 15.</b> Gràfic comparatiu de l'evolució de la quantitat de fòsfats present a l'estany l'any 2006 i l'any 2016, en el mostreig de novembre	34

<b>Figura 16.</b> Gràfic comparatiu de l'evolució de la quantitat d'amoni present a l'estany l'any 2006 i l'any 2016, en el mostreig de novembre	34
<b>Figura 17.</b> Gràfic comparatiu de l'evolució de la quantitat de clorofil·la a present a l'estany l'any 2006 i l'any 2016	35
<b>Figura 18.</b> Exemplars de tortugues de florida a l'estany (Font pròpia)	37
<b>Figura 19.</b> Vista des d'un dels ponts que creua l'estany. S'aprecia el color verd causat per la proliferació d'algues (Font pròpia)	37
<b>Figura 20.</b> Imatge de l'illa flotant de macròfits a la sortida de l'estany (Font pròpia)	38
<b>Figura 21.</b> Imatge de brossa acumulada en una zona de l'estany (Font pròpia)	38
<b>Figura 22.</b> Gabions flexibles tubulars tipus Rock Roll de l'empresa Naturalea	41
<b>Figura 23.</b> Aspecte de la geomalla orgànica de l'empresa Naturalea	44
<b>Figura 24.</b> Densitat i sistema de plantació del canyís (verd clar) i la boga (verd fosc) (Elaboració pròpia)	46

## Índex de taules

<b>Taula 1.</b> Característiques dels medis granulars més usats com a substrat en un aiguamoll construït de flux subsuperficial horitzontal. (García i Corzo, 2008)	22
<b>Taula 2.</b> Resultats de l'anàlisi de paràmetres fisicoquímics realitzat l'abril del 2016. (Balanyà i De Pablo, 2017)	28
<b>Taula 3.</b> Resultats de l'anàlisi de paràmetres fisicoquímics realitzat el novembre del 2016. (Balanyà i De Pablo, 2017)	28
<b>Taula 4.</b> Requisits dels abocaments a medi natural procedents d'instal·lacions de tractament d'aigües residuals urbanes subjectes a la Directiva europea 91/271/CEE	30
<b>Taula 5.</b> Determinació de la qualitat de l'aigua en funció del contingut de nutrients i clorofil·la a. (Balanyà i De Pablo, 2017)	30
<b>Taula 6.</b> Dades de $\text{NH}_4^+$ i $\text{PO}_4^{3-}$ , de les mostres superficials, expressades en mg N/L i mg P/L, respectivament (Font pòpia)	31
<b>Taula 7.</b> Resultats de les analítiques de l'any 2006 fetes pel Laboratori Real	33
<b>Taula 8.</b> Valors de clorofil·la a al mostreig de primavera (Balanyà i De Pablo, 2017)	35



## 1. Introducció

### 1.1. Context històric i emplaçament

La construcció del Campus del Baix Llobregat a Castelldefels va començar l'any 1993 amb la redacció del *Pla especial per a l'establiment d'un recinte universitari a Castelldefels* on es van desenvolupar els criteris bàsics per a l'ordenació i l'edificació d'un campus universitari a Castelldefels i es van fixar els mecanismes de gestió per al seu establiment. No va ser, però, fins l'any 1997 que es va procedir a la seva construcció.

Aquell mateix any, la Universitat Politècnica de Catalunya i el municipi de Castelldefels van arribar a un acord per a la construcció d'un estany de laminació en terrenys del Parc Mediterrani de la Tecnologia que servís de contenció de les aigües d'origen pluvial procedents del municipi, amb l'objectiu d'esmortir el problema de les inundacions periòdiques que patia la zona. El projecte estava condicionat per la connexió permanent del llac amb la xarxa de corredors de Castelldefels, de tal manera que la massa d'aigua del PMT es veuria sotmesa a la influència de les condicions de qualitat de l'aigua que provingués del municipi.

Els criteris ambientals en la construcció de les infraestructures van preveure la creació d'un estany de laminació de grans dimensions (uns 1020 m de longitud, una amplada màxima i mínima de 95 m i 17 m, respectivament, i una profunditat entre 1,5 i 2 m; en total uns 27.000 m<sup>2</sup> de superfície) (Pujadas et al., 2005) que havia de permetre recollir les aigües provinents del propi Campus mitjançant la creació d'un sistema d'escolament superficial, que dirigiria les aigües de pluja cap a l'estany de laminació aprofitant els pendents del terreny.

La construcció d'aquesta zona humida de nova creació s'inicià amb l'excavació de sis basses de diferents dimensions (Figura 1 i 2) que posteriorment es van connectar i van donar lloc a la topografia actual de l'estany. Aquestes basses van fer aflorar les aigües



del freàtic superficial, d'una qualitat excepcional, i així va ser possible una ràpida colonització per part de la vegetació d'ambients inundats (hidròfits i helòfits).

Els hidròfits tenen les tiges i fulles submergides o flotants i els helòfits tenen les tiges submergides i les fulles aèries.



Figura 1. Ortofoto de la fase de construcció de l'estany. ICGC



Figura 2. Imatges de la fase de construcció de l'estany (Piera i Torre, 2003).

La manca de nutrients dissolts a l'aigua va permetre una ràpida colonització de la vegetació submergida i en molts dels estanys el recobriment va arribar prop del 100% (Ballesteros et al., 2001)

Paral·lelament es va produir la colonització espontània per part de la vegetació helofítica amb un predomini de la boga (*Typha angustifolia*) i el canyís (*Phragmites australis*) que van recobrir els marges de les basses.

La ràpida naturalització de l'estany i la bona qualitat de l'aigua va ser documentada per diversos estudis científics (Piera i Torre, 2003) (URS, 2002).

L'elevada diversitat biològica també ha estat corroborada per diferents estudis; n'és un exemple significatiu els censos i seguiment de l'avifauna que es presentà en la publicació "*Els ocells de l'Olla del Rei. Campus universitari del Baix Llobregat a Castelldefels*" (Torre, 2011), en la qual es destaca la funció de l'espai també com a una zona de pas per espècies migratòries.

A mitjans de l'estiu de l'any 2000 es va començar el procés de compactació dels marges i de connexió de les sis basses inicials i l'estany de laminació presentava la seva topografia actual. (Figura 3 i 4).

La construcció d'aquesta llacuna de laminació, que inicialment tenia un objectiu purament funcional, va acabar esdevenint un element significatiu i representatiu del campus (encara que de nova creació i d'origen antròpic) i una contribució d'alt valor natural i paisatgístic per a la recuperació de les zones humides típiques del litoral mediterrani.







Figura 3. Vista aèria de l'estany de laminació del Campus del Baix Llobregat ([www.estudiantes.elpais.com](http://www.estudiantes.elpais.com))



Figura 4. Imatge de l'estany a finals de l'any 2000. (De Mingo i Torre, 2004)



L'any 2003 l'Agència Catalana de l'Aigua va fer un encàrrec a l'empresa Typsa que va redactar el "*Projecte Constructiu de l'Interceptor de les Conques centrals de Castelldefels i sobreexidor a la bassa de la Universitat al terme municipal de Castelldefels*", amb el vistiplau de l'Ajuntament de Castelldefels i de la UPC per integrar millor l'estany al projecte de canal d'intercepció de conques i connectar-lo a la xarxa de corredores de Castelldefels, tal i com es mostra a la Figura 5, donada la urgència d'establir un pla d'acció eficaç per fer front a les inundacions que afectaven aquella zona del municipi.

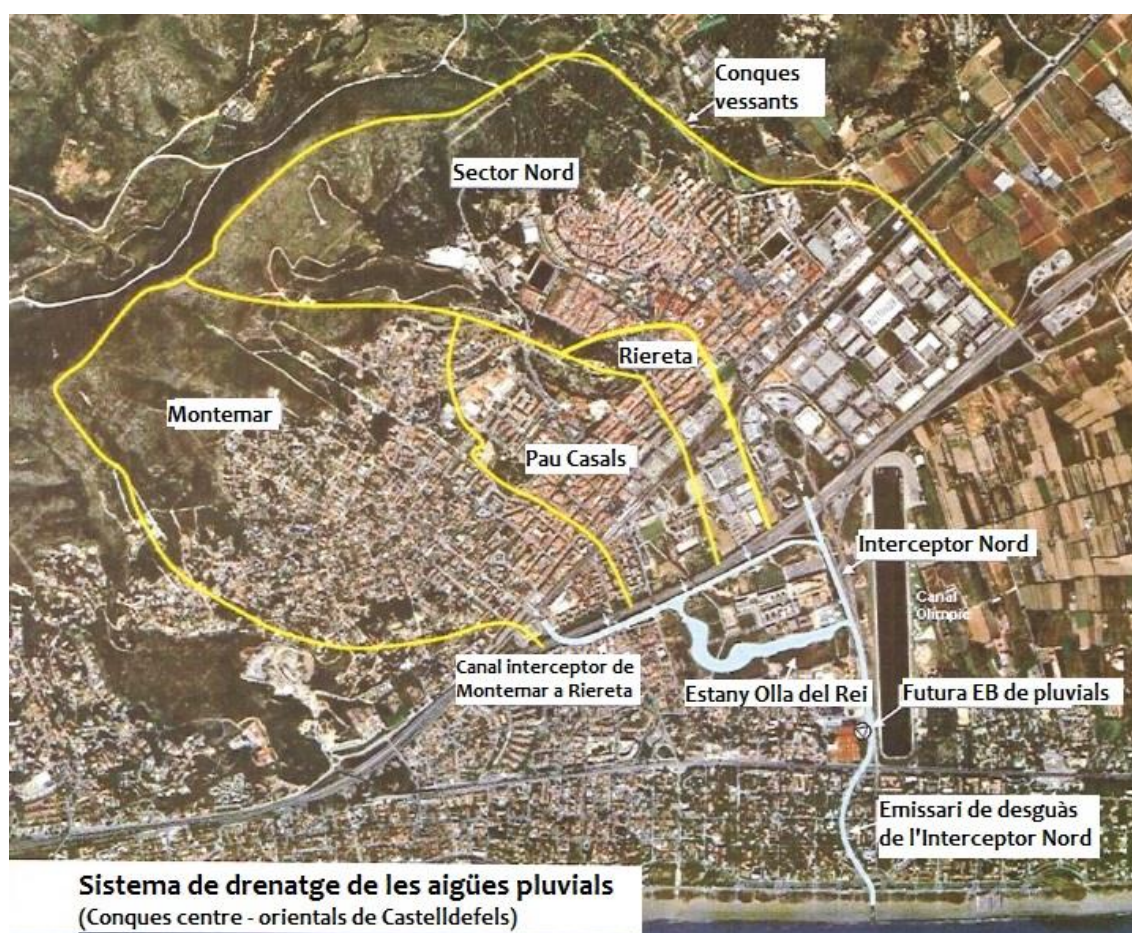


Figura 5. Xarxa de corredores de les aigües pluvials de Castelldefels i canal d'intercepció de conques (Font pròpia).

Durant aquests anys es van dur a terme estudis de qualitat de l'aigua realitzats tant al llac com a les corredores que van demostrar que, efectuar aquestes connexions podria ser

perjudicial per a l'estany degut a que els indicadors obtenien valors de qualitat en les corredores inferiors que en el llac. En aquest sentit, tots els estudis realitzats a l'entorn de l'estany alertaven de la pèrdua de qualitat a la què estaria sotmès el sistema hídric si s'arribaven a realitzar aquestes connexions.

Aquesta obra però, es va acabar realitzant l'any 2008 i connecta el nou canal interceptor amb l'estany.

Com a mesura preventiva i per evitar l'entrada ocasional d'aigües contaminades amb excés de càrrega orgànica i d'elements flotants pel sobreeixidor cap a l'estany després de les obres, l'ACA va instal·lar una barrera flotant de plàstic que no va obtenir resultats prou satisfactoris per evitar o esmorteir aquest greu problema.

Poc a poc, els nivells d'eutrofització de l'estany van anar incrementant a conseqüència de la combinació de diversos factors com la presència dels ocells aquàtics (els seus excrements contenen grans quantitats de nitrogen), abocaments puntuals incontrolats de càrregues orgàniques degut a la connexió de l'estany amb la xarxa de corredores del municipi i possiblement, l'aportació de nitrats i fosfats procedents dels productes fitosanitaris utilitzats en els cultius i zones verdes afectats per l'àrea d'aport d'aigües d'escorrentia a l'estany, degut la proximitat d'aquest amb una zona d'horta. Tot això va propiciar la pèrdua de qualitat de les aigües i va contribuir a enterbolir-les.

Els problemes de contaminació detectats al llac induïen a plantejar una estratègia a curt, mitjà i llarg termini per evitar que desencadenessin un procés de contaminació irreversible, que acabés amb la pèrdua definitiva de l'hàbitat.

La preocupació per aquest fet, juntament amb el compromís adquirit en el Pla ambiental del campus de Castelldefels, va portar a la Coordinació del Pla de Medi Ambient a proposar una fórmula per poder estudiar més detingudament el sistema amb els limitats recursos de què disposava la universitat. Així va sorgir la proposta del projecte Recerca per a l'Excel·lència Ambiental del campus del Baix Llobregat (Laboratori REAL).

El projecte Laboratori REAL a part d'incloure mesures per a la gestió d'aquest espai proposava un seguiment de les condicions físico-químiques i biològiques de l'estany de laminació (estudi limnològic) i un sistema de seguiment de la qualitat de l'aigua. Ambdós van constatar un procés gradual de degradació de l'aigua, que té una incidència directa sobre la salut de les plantes. Aquest projecte també contenia una proposta de millora paisatgística i ambiental del Campus, que intentava resoldre aquests problemes proposant mesures que tenen en compte aquests factors.

El juliol de l'any 2010, la Universitat Politècnica de Catalunya va demanar a l'ACA, l'Agència Catalana de l'Aigua, que l'estany del campus fos inclòs com a massa d'aigua catalogada en el Pla de Gestió del Districte de Conca Fluvial de Catalunya que la Generalitat va aprovar pel període 2010-2015, encara que no arribés a tenir una superfície de làmina d'aigua requerida (8 ha.). Aquesta inclusió hauria comportat que el Pla de Mesures contemplés les actuacions de manteniment a càrrec de l'ACA. La demanda no va ser acceptada amb la justificació que l'estany no assolía més de 8ha de làmina d'aigua i no comptava amb cap figura reconeguda de preservació.

L'any 2013, després de les múltiples peticions per part de l'Institut Universitari de Recerca en Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat de la UPC, l'estany va ser incorporat a l'inventari de Zones Humides de Catalunya amb codi 08001118, per la Direcció General del Medi Natural de la Generalitat de Catalunya. Aquesta mesura suposava un increment de la protecció de la zona que quedava emparada genèricament per la Llei d'Espais Naturals 12/1985.

## **1.2. Antecedents d'actuacions realitzades**

La inclusió de l'estany a l'Inventari de Zones Humides de Catalunya permet demanar subvencions exclusives per espais protegits segons convocatòries de la Direcció General del Medi Natural i Biodiversitat.



Durant el període 2013-2015 s'han realitzat un seguit d'actuacions pal·liatives per esmorteir els episodis de contaminació, molèsties olfactives i mortaldat de fauna.

Les actuacions fetes han estat:

- Instal·lació d'unes illes de barreres de macròfits per prevenir l'entrada d'aigües contaminades pel sobreeixidor que connecta amb la xarxa de corredores, a la vegada aquestes illes van suposar una estructura per retenir els sòlids flotants. Les illes es van instal·lar a l'inici i al final de l'estany coincidint amb les zones amb necessitat de retenció de flotants. A l'entrada es retenen tots els sòlids provinents del sobreeixidor del canal exterior i al final s'impedeix que aquests elements entrin al conducte de desguàs. (Figura 6)

- Instal·lació d'una tanca de delimitació amb fusta de castanyer i cordatge, per tal de fer front a l'alta freqüentació antropològica i la invasió de la zona propera a la làmina d'aigua. (Figura 7 i 8)

- Campanyes puntuals d'extracció de tortugues d'espècies invasores davant de l'alliberament i proliferació d'aquesta espècie exòtica degut al comportament ciutadà.



Figura 6. Imatge de les barreres d'illes flotants de macròfits (UPC-Naturalea, 2013)



Figura 7. Imatge de la tanca de delimitació amb fusta de castanyer i cordatge (UPC-Naturalea, 2013).





Figura 8. Vista aèria dels trams on ha estat instal·lada la tanca de delimitació (UPC-Naturalea, 2013)

-Construcció de tres illes flotants per afavorir les condicions de repòs i la nidificació d'espècies inventariades. (Figura 9)

-Incorporació d'un observatori de fauna sobre un dels ponts d'accés al recinte universitari. (Figura 9)



Figura 9. Imatge aèria on s'indiquen els punts on s'han instal·lat les barreres flotants i les illes flotants de macròfits i els observatoris de fauna (Font pròpia)

### 1.3. Aiguamolls construïts per a la depuració d'aigües

Els aiguamolls són zones entollades, en les quals existeix vegetació aquàtica perfectament adaptada a tenir tots els seus òrgans, o part d'ells, submergits en l'aigua. Poden ser naturals o artificials, i la inundació pot ser temporal o permanent. En un aiguamoll es produeix una actuació simultània i complementària de les plantes superiors i els microorganismes, que afavoreix la degradació de la matèria orgànica. Per aquest motiu, s'utilitzen els aiguamolls naturals o artificials per a la depuració d'aigües.

Els aiguamolls construïts (aiguamolls artificials) són sistemes de depuració constituïts per llacunes o canals poc profunds plantats amb plantes pròpies de zones humides (macròfites aquàtiques) i en els quals els processos de descontaminació són portats a terme simultàniament per components físics, químics i biològics, mitjançant les interaccions entre l'aigua, el substrat sòlid, els microorganismes i la vegetació. (García i Corzo, 2008). Aquests també es poden utilitzar per restaurar ecosistemes com estanys o llacunes, a part d'afavorir a l'autodepuració de la massa d'aigua.

Els aiguamolls construïts presenten alguns avantatges respecte als sistemes convencionals mecanitzats, entre els quals cal destacar (García, 2004):

- Consum energètic mínim o nul.
- Baixa despesa d'explotació i manteniment en l'operació del sistema.
- Baix impacte ambiental sonor i bona integració en el medi ambient.
- Creació i restauració de zones humides aptes per potenciar la vida salvatge, l'educació ambiental i les zones d'esbarjo.

### 1.3.1. Tipus d'aiguamolls construïts

S'han proposat diferents dissenys d'aiguamolls construïts en el transcurs del seu desenvolupament tecnològic. Aquests es diferencien pel sistema de flux de l'aigua residual, el llit utilitzat (medi granular), la vegetació i les unitats de tractament.

En funció de la direcció del moviment de l'aigua a través de l'aiguamoll, es consideren els següents tipus: horitzontal, vertical, flux superficial i flux subsuperficial. Respecte al llit, hi ha sistemes que usen per sota del llit d'aigua una capa de terra vegetal, altres que usen un llit de grava i sorra i altres que únicament usen un llit d'aigua. En funció de la vegetació, s'usen plantes aquàtiques flotants, macròfites aquàtiques emergents, sistemes mixtos de vegetació o macròfites aquàtiques emergents en flotació. Per últim, cal indicar que hi ha una àmplia gamma de dissenys en funció de la successió d'unitats de tractament (sèrie, paral·lel, recirculació, etc.,) i de les característiques de cadascun dels aiguamolls.

Considerant la hidrologia de les zones humides, la classificació que podem fer dels aiguamolls construïts és en dos grans grups: aiguamolls de flux superficial (en anglès *surface flow constructed wetlands o free water surface constructed wetlands*, FWS) i aiguamolls de flux subsuperficial (en anglès *subsurface flow constructed wetlands*, SSF). La diferència principal entre els dos es basa en què en el primer l'aigua està exposada a l'atmosfera i circula preferentment a través de tiges i arrels de les plantes macròfites, mentre que en el segon la circulació de l'aigua és subterrània a través d'un medi granular i en contacte amb els rizomes i les arrels de les macròfites.

La proposta que desenvolupa el present projecte es basa, com queda indicat en els objectius, en la construcció d'un aiguamoll construït de flux subsuperficial horitzontal.



### 1.3.2. Aiguamolls de Flux Subsuperficial Horitzontal

L'element principal dels aiguamolls de flux subsuperficial horitzontal és el medi granular o llit de grava. El conjunt medi granular/biopel·lícula/plantes ha de ser considerat com el principal constituent d'aquest sistema de tractament.

#### 1.3.2.1. Medi granular

En el medi granular ocorren múltiples processos com la retenció o sedimentació de la matèria en suspensió, la degradació de la matèria orgànica, la transformació i assimilació dels nutrients i la inactivació dels microorganismes patògens (García i Corzo, 2008).

La principal característica que ha de tenir el medi granular és una conductivitat hidràulica elevada (permeabilitat) ja que ha de permetre el pas de l'aigua sense que aquesta aflori a la superfície del llit. Per aquest motiu, els sòls de tipus granular són els més recomanables. A la Taula 1 s'exposen algunes característiques dels medis granulars més utilitzats en la construcció d'aiguamolls de flux subsuperficial.

Material	Tamany efectiu D10 (mm)	Porositat (%)	Conductivitat Hidràulica (m/d)
Arena	2	28-32	100-1000
Arena "gravosa"	18	30-35	500-5000
Grava fina	16	35-38	1000-10000
Grava mitjana	32	36-40	10000-50000
Roques petites	128	38-45	50000-250000

Taula 1. Característiques dels medis granulars més usats com a substrat en un aiguamoll construït de flux subsuperficial horitzontal. (García i Corzo, 2008)



El medi granular ha de ser homogeni, dur, durable i capaç de mantenir la seva forma a llarg plaç.

A més, ha de permetre un correcte desenvolupament de les plantes i de la biopel·lícula.

#### 1.3.2.2. Vegetació

Els macròfits emergents són plantes aquàtiques superiors que viuen en sòls inundats permanentment o temporal, fixades al substrat mitjançant arrels i rizomes, i amb les fulles emergides de la columna d'aigua.

Les principals espècies utilitzades per millorar la qualitat de l'aigua són espècies típiques de les zones humides (Figura 10) com el canyís (*Phragmites australis*), la boga (*Typha latifolia* i *Typha angustifolia*) i el jonc comú (*Scirpus holoschoenus*).



Figura 10. Espècies vegetals més usades en els sistemes SSF

Aquestes espècies de plantes tenen uns rizomes amb una gran capacitat colonitzadora i proporcionen una superfície adequada per al creixement de la biopel·lícula bacteriana. A més, els teixits interns d'aquestes plantes disposen d'espais buits que permeten el flux de gasos des de les parts aèries fins a les subterrànies. Per aquest motiu, al voltant de les arrels es creen microambients aeròbics on tenen lloc els

processos microbians que utilitzen l'oxigen, com ara la degradació aeròbica de la matèria orgànica i la nitrificació.

S'observen una sèrie de característiques associades als macròfits que els fan especialment interessants i valuosos, com són la seva elevada productivitat i la seva reconeguda capacitat per assimilar nutrients, en particular N i P, i al mateix temps crear condicions favorables per a la descomposició microbiana de la matèria orgànica.

Aquesta habilitat per captar nutrients de l'aigua és la clau sobre la qual es desenvolupa l'efectivitat de la utilització de macròfits per a tractaments d'aigües.

Una altra funció de la vegetació és estabilitzar el medi granular i esmorteir les variacions ambientals. La presència de la vegetació alenteix la velocitat de l'aigua, la qual cosa afavoreix la sedimentació dels sòlids en suspensió i augmenta el temps de contacte entre l'aigua i la vegetació. A més, quan les plantes estan desenvolupades permeten aïllar el sistema dels agents atmosfèrics; disminueixen la velocitat del vent, la llum i atenuen els canvis de temperatura.

A més, les plantes fan disminuir la conductivitat hidràulica. La conductivitat disminueix en la zona ocupada per les arrels, fet que provoca un flux més gran en les zones més profundes, no ocupades per aquestes (Netter, 1994).

La selecció de la vegetació que s'utilitzarà en un aiguamoll construït ha de tenir en compte, a part de les característiques de la regió on es realitzarà el projecte, que les espècies escollides assoleixin una biomassa considerable per unitat de superfície per tal d'aconseguir la màxima assimilació de nutrients, és a dir, han de ser espècies amb una elevada productivitat.

## 2. Objecte

L'objecte d'aquest treball és dissenyar, justificar i descriure una proposta d'actuació ambiental per tal de millorar la qualitat de la massa d'aigua de l'estany de l'Olla del Rei, ubicat dins del recinte universitari del Campus del Baix Llobregat de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Els objectius específics, referits a l'àmbit de la proposta, es poden concretar en:

- Disseny per a la instal·lació d'uns aiguamolls construïts de flux subsuperficial horitzontal, farcits de grava i vegetats, en dos trams diferenciats de l'estany per tal de millorar la qualitat de l'aigua reduint-ne els nutrients que conté.
- Crear unes pautes per a potenciar activitats divulgatives a l'entorn de l'estany i així implicar la ciutadania en la seva conservació i preservació.

La projecció de millores ambientals en la làmina d'aigua es consideren fonamentals per a recuperar la seva funcionalitat i l'equilibri ecològic com a zona humida, tot i estar condicionat a estructures que interfereixen en la seva qualitat com ara la connexió permanent a la xarxa de corredors del municipi de Castelldefels.

Es preveuen tasques per a la implantació i estabilització dels aiguamolls construïts, aplicant tècniques de bioenginyeria per a integrar paisatgísticament les actuacions i renaturalització de la comunitat vegetal d'ambient deltaic, a més d'assegurar un funcionament adequat per fer front a inundacions extraordinàries ja que ha de complir la funció d'estany de laminació pel qual va ser construït.

### 3. LÍNIES D'INTERVENCIÓ

#### 3.1. Diagnosi ambiental prèvia

El present capítol de diagnosi ambiental efectua un recull de la informació existent sobre l'estany per tal d'avaluar-ne la situació inicial, identificant els principals impactes de la zona, i també, de punt de partida per a la generació de propostes executives.

L'estany ha sofert un procés gradual d'eutrofització i de banalització de la flora i la fauna, que reclama realitzar un seguiment continuat de la qualitat de l'estany en els propers anys, així com definir, urgentment, un pla de gestió que en garanteixi el bon estat ecològic.

##### 3.1.1. L'estany com a unitat de gestió

L'estany de l'Olla del Rei és l'única massa d'aigua permanent al municipi de Castelldefels considerada zona humida, a més es troba dins dels terrenys del Campus del Baix Llobregat de la UPC, el que pot facilitar la seva restauració i sensibilització respecte a la seva conservació.

Amb propòsits de gestió i conservació, l'any 2013 l'estany va ser inclòs al llistat de zones humides de Catalunya corresponents a les conques internes que formen la xarxa hidrogràfica de Catalunya, gestionades per l'Agència Catalana de l'Aigua, caracteritzades individualment en l'Inventari de Zones Humides de Catalunya (IZHC) elaborat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya.

L'estany de l'Olla del Rei ha estat catalogat com a zona humida de tipologia "Zona humida restaurada o de nova creació" amb el codi 08001118. Això implica que els objectius de gestió per assolir el bon estat ecològic de la massa d'aigua es consideraran en referència a la globalitat de l'estany.

### 3.1.2. Qualitat de l'aigua

Per conèixer la composició i qualitat de les aigües del llac, en els darrers anys s'han realitzat estudis de seguiment, analitzant indicadors químics, físics i biològics que aporten dades sobre la seva salut.

L'any 2006, el Laboratori Real de la UPC, va realitzar una campanya de mostreig al llac. Més endavant es presenten les dades d'alguns dels paràmetres analitzats per tal d'estudiar-ne l'evolució i fer-ne una comparativa amb l'estat actual de l'estany.

#### 3.1.2.1. Característiques Fisicoquímiques

Per analitzar l'estat actual del llac es van fer dues campanyes de mostreig de l'aigua el 21 d'abril i el 29 de novembre del 2016. El mostreig es va realitzar en dues fondàries diferents, una a la superfície i l'altre a la columna d'aigua entre -25cm i -125cm respecte la superfície. A la Figura 11 es poden observar els punts de mostreig. En el punt 4 només es va prendre mostra superficial degut a la poca profunditat del llac en aquesta zona. Es van analitzar els paràmetres fisicoquímics fonamentals.



Figura 11. Imatge dels 5 punts on es va fer el mostreig, d'esquerra a dreta LL1, LL2, LL3, LL4 i Canal (Font pròpia)

A la Taula 2 i 3 es presenten els valors mesurats l'abril i el novembre del 2016, respectivament, en els 4 punts diferents de l'estany i en el canal.

	UNITATS	MOSTRES							
		LL 1s	LL 1f	LL 2s	LL 2f	LL 3s	LL 3f	LL 4s	Canal
Temperatura	°C	15,2	16	15	14,8	15,8	15,7	15,5	15,9
Oxigen dissolt	mg O <sub>2</sub> /L	8,08	5,16	10,3	6,1	6,79	5,32	7,24	2,75
pH		7,74	7,51	7,76	7,69	7,72	7,57	7,71	7,54
Conductivitat elèctrica	mS/cm 25°C	2,12	2,28	2,11	2,26	2,29	2,35	2,54	0,641
Matèries en suspensió	mg/L	29	135	135	29	39	193	45	31
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	46	113	135	48	36	115	41	24
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	1,58	0,84	4,05	1,45	3,08	3,58	5,82	6,14
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	9	7	<1	6	<1	<1	3	15
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	<1	<1	11	1	12	14	1	<1
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	0,83	0,7	0,73	0,59	0,75	0,76	0,69	0,83

Taula 2. Resultats de l'anàlisi de paràmetres fisicoquímics realitzat l'abril del 2016. (Balanyà i De Pablo, 2017)

	UNITATS	MOSTRES							
		LL 1s	LL 1f	LL 2s	LL 2f	LL 3s	LL 3f	LL 4s	Canal
Temperatura	°C	21,6	21,8	21,6	21,5	22,9	21,3	23,6	20,1
Oxigen dissolt	mg O <sub>2</sub> /L	9,76	10,54	9,37	6,78	13,96	10,71	13,33	1,05
pH		8,79	8,69	8,52	7,9	9,09	8,89	9,18	7,48
Conductivitat elèctrica	mS/cm 25°C	2,18	2,15	2,17	2,19	2,16	2,16	2,17	0,973
Matèries en suspensió	mg/L	42	43	31	975	53	109	60	11
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	67	80	80	2890	90	163	83	114
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,21	< 0,1	< 0,1	0,17	19
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg /L	0,21	0,17	0,21	0,19	0,17	0,11	0,16	1,09

Taula 3. Resultats de l'anàlisi de paràmetres fisicoquímics realitzat el novembre del 2016. (Balanyà i De Pablo, 2017)

Algunes informacions que podem extreure de la lectura de les taules anteriors són:

- Entre les mostres preses a la superfície i les preses a més fondària no s'observen gaires diferències, exceptuant la mostra LL 2f del mostreig de l'Abril, on el valor de les matèries en suspensió i DQO són molt elevats respecte els altres valors de les diferents mostres per a aquests paràmetres. Aquest fet podria ser degut a que al mostrejar es van recollir fangs del fons del llac.
- Els valors obtinguts al canal (xarxa de corredores) són diferents als obtinguts al llac. Podem destacar l'oxigen dissolt, com es veu a la figura 12 pel mostreig del novembre, que presenta un valor molt més baix. Això apunta una activitat fotosintètica molt més elevada en l'estany que en el canal, fet lògic tenint en compte que les aigües del canal es van renovant en funció de les pluges i altres factors.

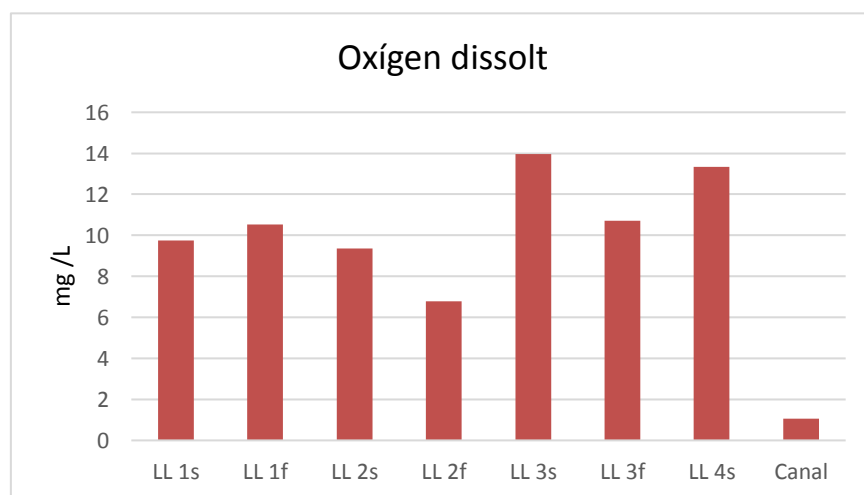


Figura 12. Gràfic comparatiu de la quantitat d'oxigen dissolt present als diferents punts de l'estany i al canal.

- Exceptuant la mostra LL 2f, en el mostreig de primavera, l'oxigen dissolt és molt elevat. Aquest fet indica una elevada activitat fotosintètica causada per un alt contingut en algues i/o cianobacteris i, per tant, reflexa una massa d'aigua molt eutrofitzada.

L'eutrofització de les aigües es deu a un excés d'aportació de nutrients, principalment Nitrogen i Fòsfor (que solen ser limitants), i que provoquen un excessiu augment d'algues i bacteris. Aquest creixement incontrolat acaba esdevenint en una pèrdua de la biodiversitat.

- Els valors obtinguts de matèria en suspensió i de DQO no són propis d'una massa d'aigua natural i recorden als d'una aigua residual depurada . A la taula següent es mostren els valors límits d'abocament a medi natural d'aigües residuals urbanes segons la Directiva 91/271/CEE.

Paràmetre	Concentració
Demanda química d'oxígen (DQO)	125 mg/L
Total de sòlids en suspensió	35 mg/L

Taula 4. Requisits dels abocaments a medi natural procedents d'instal·lacions de tractament d'aigües residuals urbanes subjectes a la Directiva europea 91/271/CEE.

A la taula 5 es mostra una classificació de la qualitat de les aigües en funció del contingut en nutrients i clorofil·la a.

	Qualitat aigües				
	alta	bona	moderada	pobre	dolenta
Clorofil·la a (µg/L)	<10	11-20	21-30	31-50	>50
NT (mg/L)	<0,6	0,6-1	1-2	>2	>2
PT (µg/L)	<30	31-50	51-100	101-150	>150

Taula 5. Determinació de la qualitat de l'aigua en funció del contingut de nutrients i clorofil·la a. (Balanyà i De Pablo, 2017)

Per determinar la qualitat de les aigües a través de la taula anterior i a través dels resultats obtinguts en les analítiques del llac s'han d'expressar els valors de  $\text{NH}_4^+$  i



de  $\text{PO}_4^{3-}$  en funció de mg N/L i mg P/L respectivament. Aquests valors es mostren en la taula 6 només per les mostres de superfície.

Exemple 1: Si prenem el valor més alt (considerant els dos mostrejos) de  $\text{PO}_4^{3-}$  que correspon al valor de la mostra LL 1s al novembre,  $0.83 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{L}$ :

$$0.83 \frac{\text{mg PO}_4^{3-}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ mmol PO}_4^{3-}}{95 \text{ mg PO}_4^{3-}} \cdot \frac{1 \text{ mmol P}}{1 \text{ mmol PO}_4^{3-}} \cdot \frac{31 \text{ mg P}}{1 \text{ mmol P}} \cdot \frac{10^3 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} \\ = 270,8 \mu\text{g/L}$$

Exemple 2: Si prenem el valor més alt (considerant els dos mostrejos) de  $\text{NH}_4^+$  que correspon al valor de la mostra LL 4s al novembre,  $5.82 \text{ mg NH}_4^+/\text{L}$ :

$$5.82 \frac{\text{mg NH}_4^+}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ mmol NH}_4^+}{18 \text{ mg NH}_4^+} \cdot \frac{1 \text{ mmol N}}{1 \text{ mmol NH}_4^+} \cdot \frac{14 \text{ mg N}}{1 \text{ mmol N}} = 4,53 \text{ mg/L}$$

UNITATS		MOSTRES							
		Abril				Novembre			
		LL 1s	LL 2s	LL 3s	LL 4s	LL 1s	LL 2s	LL 3s	LL 4s
$\text{NH}_4^+$	mg N/L	<0,08	<0,08	<0,08	0,1	1,23	3,15	2,40	4,53
$\text{PO}_4^{3-}$	mg P/L	68,5	68,5	55,5	52,2	270,8	238,2	244,7	225,2

Taula 6. Dades de  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{PO}_4^{3-}$ , de les mostres superficials, expressades en mg N/L i mg P/L, respectivament (Font pòpia).

Tal i com s'observa també en la taula anterior, el contingut de N i P a l'abril era més baix que a els valors obtinguts al novembre, tal i com es mostra a la figura 13 pel cas del Fòsfor i a la figura 14 pel cas del Nitrogen. Una possible explicació pot ser que les algues i/o cianobacteris tenen un creixement més elevat a la primavera i, per tant, consumeixen més quantitat del nitrogen i del fòsfor present a l'aigua.

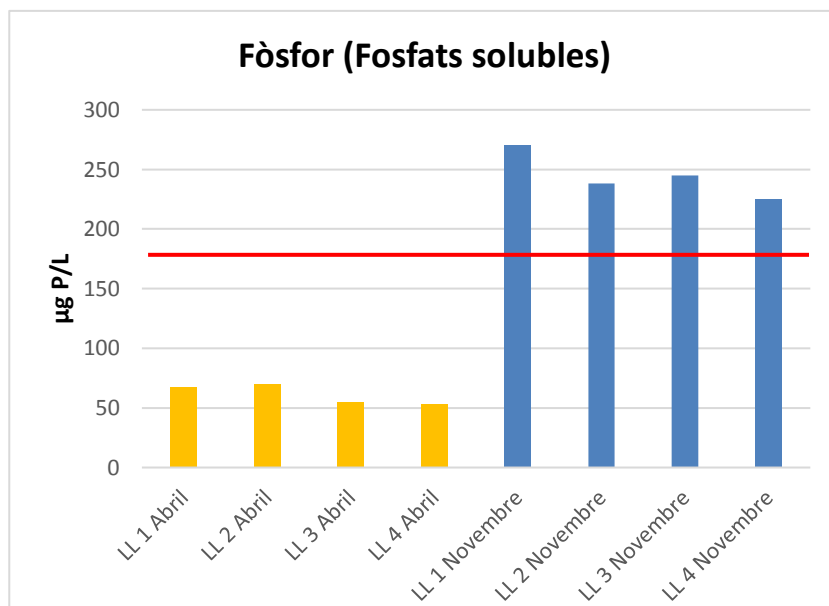


Figura 13. Gràfic comparatiu de la quantitat de fòsfor present a l'estany en el mostreig de l'abril i el mostreig del novembre, per les mostres preses a superfície.

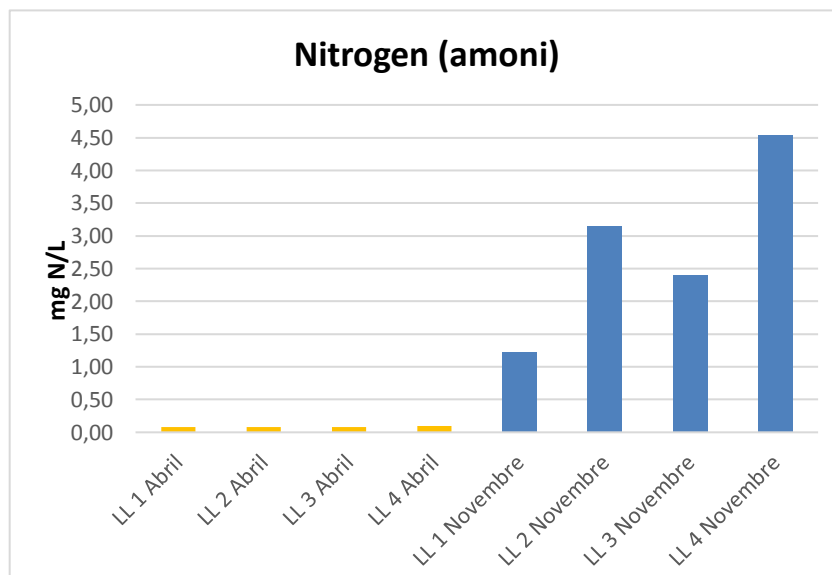


Figura 14. Gràfic comparatiu de la quantitat de nitrogen present a l'estany en el mostreig de l'abril i el mostreig del novembre, per les mostres preses a superfície.

Comparant aquests gràfics amb la classificació de la taula 5, s'observa que els valors per a aquests paràmetres del mostreig de Novembre estan generalment per sobre de 150 µg P/L pel cas del fòsfor i de 2 mg N/L pel cas del nitrogen (valors marcats als gràfics amb una línia vermella), a partir del qual es considera que la qualitat de l'aigua és dolenta.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, el Laboratori Real va realitzar l'any 2006, un seguit d'anàlitzes de l'aigua de l'estany durant el mes de novembre en tres punts de l'estany, corresponents a LL 1s, LL 2s i LL4s, pel mostreig del 2016. No es tenen dades de tots els paràmetres fisicoquímics però, a continuació, es mostra una taula dels resultats obtinguts per  $\text{NH}_4^+$  i per  $\text{PO}_4^{3-}$ , expressats en mg N/L i µg P/L, respectivament.

	UNITATS	2006		
		LL1-2006	LL2-2006	LL4-2006
<b>NH4+</b>	<b>mg N/L</b>	0,08	0,16	0,08
<b>PO43-</b>	<b>µg P/L</b>	21	21	23

Taula 7. Resultats de les anàlitzes de l'any 2006 fetes pel Laboratori Real

Per tal d'analitzar l'evolució del contingut en  $\text{NH}_4^+$  i per  $\text{PO}_4^{3-}$  de l'any 2016 respecte el 2006 i, així, veure quina ha sigut la dinàmica del llac durant aquests anys, a continuació es mostren dos gràfics (Figura 15 i Figura 16) en els quals s'il·lustra l'empitjorament de la qualitat de les aigües que ha tingut lloc en els últims 10 anys. S'hi pot observar també que l'any 2006 els valors obtinguts per a aquests paràmetres estaven molt lluny d'arribar al límit marcat per la línia vermella que indica que la qualitat de les aigües és dolenta.



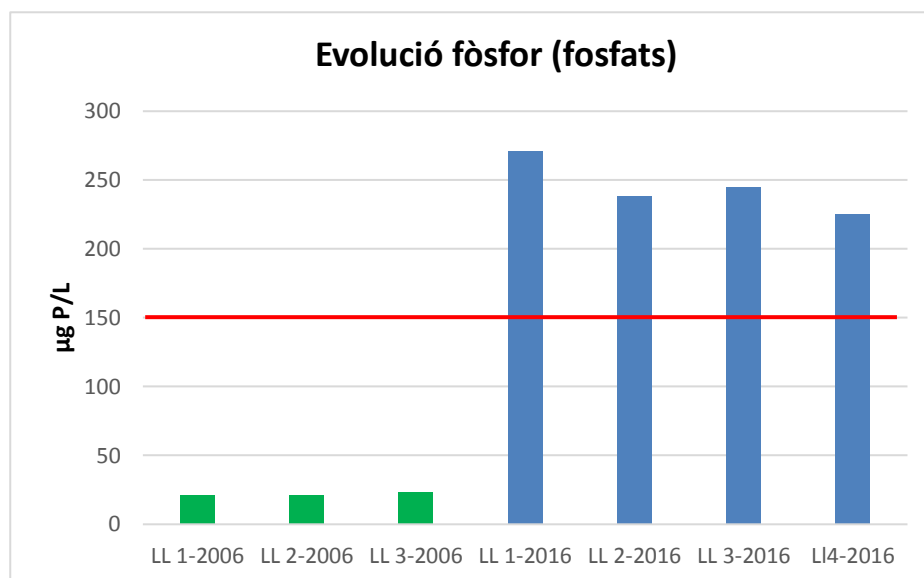


Figura 15. Gràfic comparatiu de l'evolució de la quantitat de fosfats present a l'estany l'any 2006 i l'any 2016, en el mostreig de novembre.

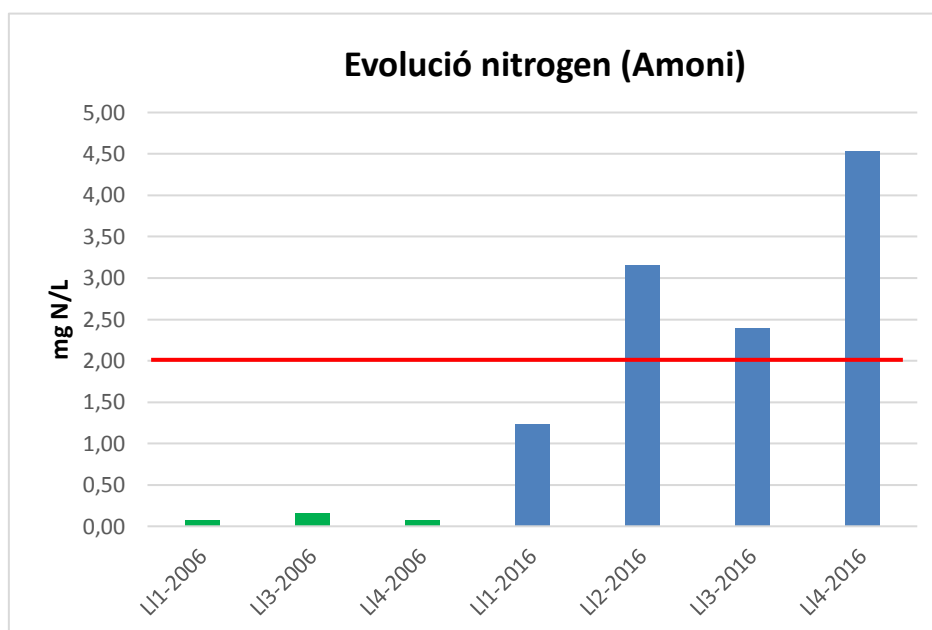


Figura 16. Gràfic comparatiu de l'evolució de la quantitat d'amoni present a l'estany l'any 2006 i l'any 2016, en el mostreig de novembre.

A la taula 8 es mostra el resultat de les analítiques per quantificar la clorofil·la a en tres punts diferents del llac (LL1, LL2 i LL3), en el mostreig realitzat l'any 2006 pel Laboratori Real i en el de l'any 2016.

	Clorofil·la a ( $\mu\text{g/l}$ )	
	2006	2016
<b>LL1</b>	9	121
<b>LL2</b>	26	391
<b>LL3</b>	28	157

Taula 8. Valors de clorofil·la a al mostreig de primavera (Balanyà i De Pablo, 2017).

Tal i com es mostra a la taula 8 i s'observa a la figura 17, l'any 2016 s'ha produït un increment considerable de la quantitat de clorofil·la respecte l'any 2006. Aquests valors fan pensar que, durant aquests anys, l'evolució de la població d'algues i/o cianobacteris ha anat augmentant fins a arribar als valors assolits la primavera del 2016 que, ens indiquen al comparar-los amb la taula 5, que la qualitat de l'aigua de l'estany és, també en aquest cas i per a aquest paràmetre, dolenta.

Al gràfic següent s'observa com l'any 2016 tots els valors superen la línia vermella dels 50  $\mu\text{g/L}$ .

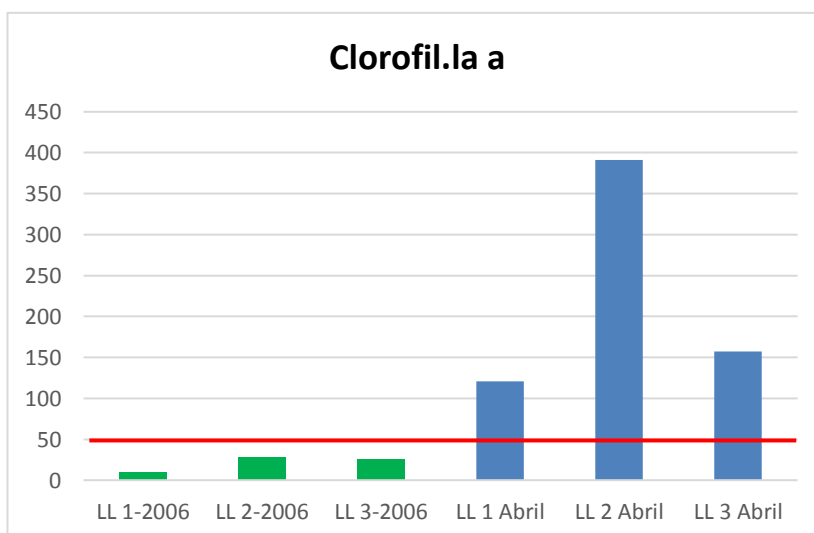


Figura 17. Gràfic comparatiu de l'evolució de la quantitat de clorofil·la a present a l'estany l'any 2006 i l'any 2016.

Tenint en compte la informació extreta dels resultats de les analítiques efectuades l'Abril i el Novembre de 2016 podem concloure que el problema principal que afecta l'aigua del llac és l'eutrofització que està patint, conseqüència directa de l'excés de Nitrogen i Fòsfor presents a la làmina d'aigua.

L'adsorció i la precipitació del fòsfor és eficaç en sistemes on les aigües a tractar estan en contacte amb el substrat de filtració. Això significa que amb els aigüamolls de flux subsuperficial horitzontal s'obté el major potencial d'eliminació de fòsfor mitjançant aquests mecanismes ja que resten completament inundats (Vymazal, 2007).

### 3.1.3. Documentació fotogràfica de l'estat actual de l'estany

A continuació es mostren imatges de l'estat actual de l'àrea d'intervenció. S'hi poden observar els diferents impactes descrits al projecte, així com vistes generals de l'àmbit.



---

Figura 18. Exemplars de tortugues de florida a l'estany (Font pròpia).



---

Figura 19. Vista des d'un dels ponts que creua l'estany. S'aprecia el color verd causat per la proliferació d'algues (Font pròpia).





Figura 20. Imatge de l'illa flotant de macròfits a la sortida de l'estany (Font pròpia).



Figura 21. Imatge de brossa acumulada en una zona de l'estany (Font pròpia).



#### **3.1.4. Usos de l'espai i problemàtiques associades**

L'estany de laminació està situat a dins del terme municipal de Castelldefels, la qual cosa vol dir que, a part dels estudiants, la làmina d'aigua també té altres usuaris habituals que l'aprofiten com a espai de lleure, ja sigui per a passejar (molts d'ells amb el gos) o per a fer esport. Aquest tipus d'usuaris s'incrementa durant el cap de setmana.

Aquest públic usuari de la làmina d'aigua aprecia i valora la presència de flora i fauna. És força comú (com ja ocorre en molts parcs on hi ha masses d'aigua) que molts d'aquests usuaris deixin anar animals deliberadament, com ara tortugues i peixos, pensant que fan una bona acció.

El problema és que aquest tipus de fauna no és la adient per a mantenir la làmina d'aigua en equilibri, ja que amb les espècies que s'hi han introduït i les que són itinerants ja són suficients per al correcte desenvolupament de la làmina d'aigua (Pujadas et al, 2005). A part, representa un augment dels excrements i, en el cas dels peixos, consumeixen més oxigen i l'elevada taxa de reproducció en pot fer augmentar la població en poc temps.

Un altre factor que influeix en l'estat de la làmina d'aigua és que molts d'aquests usuaris donen menjar a la fauna que hi viu. Tots aquests factors fan augmentar el nivell d'eutrofització de l'aigua, de forma que en disminueix la qualitat i empitjoren la qualitat de vida de la flora i la fauna.

La invasió de la zona humida pels usos urbans suposen, doncs, una sèrie de conseqüències negatives pel medi natural, entre les que cal destacar:

- La pèrdua de la naturalitat de la zona humida.
- La pèrdua de la biodiversitat.
- L'augment de la pressió antròpica en general.
- En particular, l'augment significatiu dels riscos de contaminació de l'aigua.



### 3.2. Propostes d'actuacions

Les propostes d'intervenció cerquen obtenir millores en la qualitat de la làmina d'aigua així com de la qualitat ecològica global de l'estany, a través de:

- La construcció d'un aiguamoll artificial de flux subsuperficial horitzontal en dos trams diferenciats de l'estany, que permeti remeiar l'estat d'eutrofització en el que es troba actualment la massa d'aigua.
- La plantació d'espècies pròpies de zones humides com el canyís, la boga o els joncs en aquests aiguamolls construïts, que suposaran un primer pas per a la diversitat vegetal de l'estany.

#### 3.2.1. Actuació 1. Construcció dels aiguamolls artificials de flux subsuperficial horitzontal

Es proposa construir en dos trams diferenciats de l'estany un aiguamoll artificial. Al plànol número 2 de l'Annex es poden observar els dos trams escollits per a l'emplaçament d'aquests sistemes.

A continuació es detallen els paràmetres de dimensionament.

TRAM 1	TRAM 2
Superfície: 2293,1 m <sup>2</sup>	Superfície: 2436,65 m <sup>2</sup>
Profunditat del llit: 2 m	Profunditat del llit: 1 m
Mida mitjana de la grava: 12,8 mm	Mida mitjana de la grava: 12,8 mm
Porositat: 0,4	Porositat: 0,4

Degut a que no es tenen dades sobre el cabal d'aigua a l'estany, no és possible calcular el Temps de Residència Hidràulica (TRH) per a cada llit.

Al plànol 3 de l'Annex estan dibuixades les seccions longitudinal i transversal que es proposen per a la construcció d'aquests aiguamolls, així com es nombren els materials utilitzats i els detalls que tindran aquests sistemes.

### 3.2.1.1. Elements constituents dels aiguamolls

#### 3.2.1.1.1. *Gabions flexibles tubulars tipus Rock Roll*

Es tracta d'una estructura cilíndrica de xarxa de polietilè d'alta densitat amb una composició interior de graves. La longitud del conjunt fa 2m i el seu diàmetre estàndard és de 40cm. El diàmetre de les graves oscil·la entre 7 i 15cm i el pes és de 175kg/m.

La combinació entre resistència i flexibilitat aportades per la xarxa i la mesura de la grava el converteixen en un material fàcil d'instal·lar. Aquests gabions es subjecten a la zona amb estakes.



Figura 22. Gabions flexibles tubulars tipus Rock Roll de l'empresa Naturalea.

És una estructura que permet unir gabions entre ells per tal de cobrir tota una distància lineal.

Al plànol 2 podem veure els metres lineals de gabions que serien necessaris per a la construcció dels aiguamolls, i en el plànol 3 es mostren en detall la quantitat de gabions que serien requerits a cada tram.

Tal i com s'indica en el plànol 2 la zona d'entrada del Tram 1 té una amplada de 15,11m i la zona de sortida de 14,92m. La zona d'entrada del Tram 2 té una amplada de 48,16m i la de sortida de 8,10m.

### TRAM 1

#### **Zona d'entrada**

- Estructura formada longitudinalment per 14 gabions formant una conformació piramidal
- Amplada zona d'entrada: 15,11m
- Gabions requerits en aquest tram:

$$15,11m/2m \sim 7,5 \text{ gabions}$$

$$7,5 \text{ gabions} \times 14 = \mathbf{105 \text{ gabions}}$$

#### **Zona de sortida**

- Estructura formada per 4 gabions
- Amplada zona de sortida: 14,92m
- Gabions requerits en aquest tram:

$$15,91m/2m \sim 7,5 \text{ gabions}$$

$$7,5 \text{ gabions} \times 4 = \mathbf{30 \text{ gabions}}$$

## TRAM 2

### **Zona d'entrada**

- Estructura formada longitudinalment per 6 gabions formant una conformació piramidal
- Amplada zona d'entrada: 48,16m
- Gabions requerits en aquest tram:

$$48,16m/2m \sim 24 \text{ gabions}$$

$$24 \text{ gabions} \times 6 = \mathbf{144 \text{ gabions}}$$

### **Zona de sortida**

- Estructura formada per 2 gabions
- Amplada zona de sortida: 8,10m
- Gabions requerits en aquest tram:

$$8,10m/2m \sim 4 \text{ gabions}$$

$$4 \text{ gabions} \times 2 = \mathbf{8 \text{ gabions}}$$

<b>TOTAL GABIONS FLEXIBLES TUBULARS A INSTAL·LAR</b>	<b>287 itats</b>
--	------------------

#### **3.2.1.1.2. Medi granular**

El medi granular pròpiament de l'aiguamoll està delimitat per les zones d'entrada i sortida. En aquestes zones es col·loquen graves o pedres d'una grandària superior a les que conformen el llit de grava, que permeten diferenciar aquestes zones del que és el medi granular principal. Aquestes



pedres tindran un diàmetre efectiu superior a 13cm, per tal de permetre bé l'entrada de l'aigua en tot el sistema i que no es formin camins preferencials.

Respecte al que fa el llit de grava, en el present sistema s'ha escollit un tipus de medi granular categoritzat com a roques petites, de diàmetre efectiu de 12,8cm de gran porositat i elevada conductivitat hidràulica. El motiu de l'elecció recau en que l'estany ha de permetre fer front a les inundacions que afecten a aquesta àrea de Castelldefels i, per tant, les actuacions de millora proposades no poden alterar la capacitat de laminació de l'estany. Aquestes graves, d'origen calcari i procedents del picat i trituració de pedra o grava natural amb posterior garbellat i selecció, formaran el paquet filtrant.

En el plànol 3 "*Detalls de l'aiguamoll*" es dissenya una capa de sorra de 60-80mm de diàmetre efectiu i de 50-55 cm de gruix, a la part més superficial de l'aiguamoll. Aquesta capa de sorra servirà de substrat per la vegetació.

#### **3.2.1.1.3. *Geomalla orgànica***

Es tracta d'un teixit format per fibres orgàniques teixides en xarxa, generalment de coco, per protegir una superfície i afavorir el creixement de la vegetació. Aquestes geomalles incrementen la capacitat estructural i la resistència.



Figura 23. Aspecte de la geomalla orgànica de l'empresa Naturalea

Tal i com podem constatar al plànol 3 “*Detalls de l’aiguamoll*” aquesta geomalla orgànica està pensada per ser utilitzada al damunt de la capa de sorra, per a que serveixi de substrat a la vegetació i doni protecció a la capa de sorra.

En general les dimensions dels rotllos solen ser de 2 x 50m (100m<sup>2</sup>).

Així doncs, tenint en compte que la superfície del tram 1 és de 2312,73 m<sup>2</sup> i que la superfície del tram 2 és de 2421,67 m<sup>2</sup> això suma un total de 4734,40 m<sup>2</sup>. Considerant que la superfície comercial de la geomalla orgànica és de 100m<sup>2</sup> es requereixen 48 rotllos per cobrir aquest tram.

<b>TOTAL DE ROLLOS (2 X 50m) DE GEOMALLA ORGÀNICA A INSTALAR</b>	<b>48 nitats</b>
--	------------------

#### **3.2.1.1.4. Geotextil permanent**

El geotextil és un material tèxtil sintètic plà format per fibres polimèriques de polipropilè, similar a una tela, de gran deformabilitat.

En aquesta proposta es dissenya l’ús del geotextil com a material de separació entre la capa de sorra de granulometria 60-80mm i el filtre de roques.

El motiu de l’elecció d’aquest geotextil és per la seva propietat de separar materials de diferents granulometries, estabilitzant el terreny, evitant la mescla de materials alhora que permet el pas de l’aigua.

Degut a que el geotextil va situat al llarg de la mateixa àrea que la geomalla permanent pendrem com a referència els 4734,40 m<sup>2</sup>.



### 3.2.1.1.5. *Macròfits emergents*

Les espècies vegetals escollides per ser plantades en els aiguamolls són el canyís (*Phragmites australis*) i la boga (*Typha angustifolia*).

La plantació es realitzarà mitjançant plàntules prèviament cultivades en instal·lacions específiques. Aquestes plàntules es col·locaran al medi granular (capa de sorra de granulometria 60-80mm) amb una densitat de 3 exemplars per metre quadrat, 2 exemplars de canyís i un de boga.

A continuació, en la figura 24 es mostra el sistema a utilitzar per realitzar la plantació.

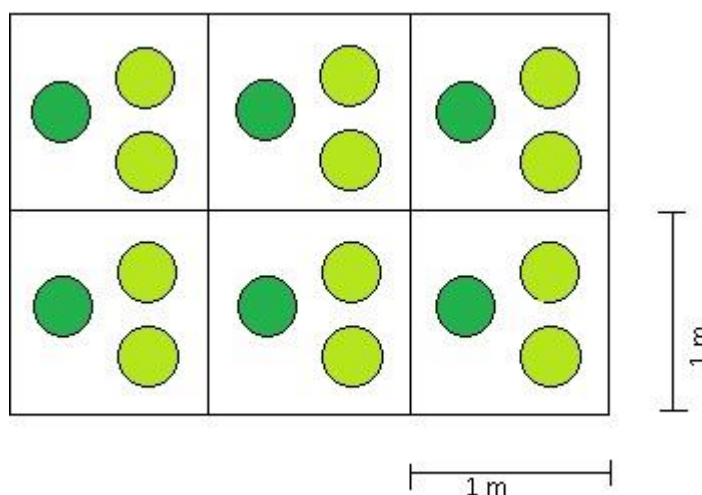


Figura 24. Densitat i sistema de plantació del canyís (verd clar) i la boga (verd fosc) (Elaboració pròpia).

Les plàntules s'inserten en petits forats efectuats manualment en el medi granular i que després s'han de tancar. La millor època de l'any per a realitzar la plantació és entre abril i maig (García i Corzo, 2008).

Sota les mateixes condicions, *Phragmites australis* presenta una capacitat d'absorció de 2.500 kg de N/ha·any i 200 kg de P/ha·any i l'espècie *Typha angustifolia* (1.300 kg de N/ha·any, 200 kg de P/ha·any) (Brix, 1994).



Tenint en compte que la superfície total vegetada dels dos trams d'aiguamoll és de  $4734,40 \text{ m}^2 = 0.47344 \text{ ha}$  i que la densitat de plantació del canyís i de la boga serà de dos i un exemplars per metre quadrat respectivament, la quantitat total de nutrients que la vegetació serà capaç d'absorbir serà de  $993,23 \text{ kg N/any}$  i de  $94,53 \text{ kg P/any}$ .

### **3.2.2. Actuació 2. Desenvolupament d'un pla de comunicació i divulgació**

El present projecte *Proposta de Bioremediació de l'estany Olla del Rei de Castelldefels* s'hauria d'emmarcar dins d'un projecte de gestió participada de l'estany Olla del Rei, que hauria de tenir per objectius:

- Elaborar un projecte que pugui ser un referent com a model de gestió entre l'administració local, la universitat i les entitats ciutadanes locals amb caràcter voluntari.
- Divulgar, sensibilitzar i formar als ciutadans de la zona en els valors i l'interès per l'estany i la importància de la seva conservació i custòdia de l'estany.
- Promoure un procés de debat i reflexió entre estudiants del Campus entorn de la gestió de les zones humides que podria estar inclòs en alguna assignatura de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona o bé una activitat fora del currículum formatiu.
- Construir un òrgan participatiu de gestió de la zona humida de l'Olla del Rei.

En aquest projecte es considera que la implicació de la societat local és un factor clau a tenir en compte. Es considera, doncs, com un projecte multidisciplinari on la implicació ciutadana és fonamental.

Les actuacions que es plantegen en el present projecte s'han de considerar com el punt de partida d'un *Projecte Global de Restauració de l'estany* que s'hauria de dur a terme durant els propers anys.



Per tal de sensibilitzar la població del municipi de Castelldefels i els estudiants del Campus Universitari i difondre les intervencions de millora en l'estany, es proposa com a eina el present programa d'educació ambiental i participació ciutadana.

El col·lectiu al qual s'adreça aquest programa es considera absolutament divers quan a tipus i edats, donat que es tracta d'un projecte on la col·laboració tant ciutadana com de les entitats, campus universitari i administracions és la clau per garantir l'èxit del projecte i amb la finalitat de la creació d'una xarxa ciutadana interessada en la conservació i custòdia de l'estany.

Programa d'activitats:

1. Distribució d'un fulletó informatiu al municipi, fent èmfasi en el col·lectiu escolar.
2. Organització de sortides de camp:
  - Sortides de descoberta dels diferents ambients de l'estany amb l'objectiu de conèixer els valors i funcions d'aquest fràgil ecosistema i amb més detall la fauna i flora existent.
  - Sortida formativa amb l'objectiu de conèixer l'estat de salut de l'estany i fer adonar als assistents de la importància de la seva preservació.
3. Xerrades informatives al municipi, adreçades als veïnes de la zona i als estudiants del campus, oberta al públic en general, sobre el projecte i l'interès de la zona, així com també de les principals problemàtiques en les que s'està o es preveu actuar.
4. Neteja popular de la zona, on a més de la retirada de deixalles es poden donar a conèixer espècies vegetals invasores molt esteses, com la canya.
5. Instal·lació de plafons informatius sobre el tipus d'intervenció en els diferents trams on es faran les actuacions.

#### 4. JUSTIFICACIÓ DE PREUS

Codi	U.A.	Definició	Preu unitari (€)	Quantitat	Import (€)
E22113C2	m2	Neteja i esbrossada del terreny realitzada amb retroexcavadora i càrrega mecànica sobre camió	1,99 €	500	995,00 €
BRI31330	m2	Manta orgànica tipus 100% coco, de densitat aproximada 300 g/m2, cosida en les dues cares a una xarxa de polipropilè biodegradable	1,22 €	4734,40	5.775,97 €
B7B111L0	m2	Geotèxtil format per feltre de polipropilè no teixit, lligat mecànicament de 400 a 500 g/m2	3,60 €	4734,40	17.043,84 €
FR3P9131	m3	Grava de pedrera de pedra calcària superior a 120mm, subministrada a granel i escampada amb retroexcavadora	32,62 €	7101,60	231.654,19 €
B0330300	m3	Grava de pedrera de 50-70mm, subministrada a granel i escampada amb retroexcavadora	17,70 €	2367,20	41.899,44 €
GD5BU020	u	Gabió flexible tubular de 0,40 m de diàmetre format per làmina geotèxtil de 150 g/m2 i farcit de graves (2m de llargada)	29,47 €	287	8.457,89 €
BR4GE2F1	u	Subministrament de Phragmites australis en alvèol forestal de 200 cm3	0,58 €	9468	5.491,44 €
GR4JD2F1	u	Subministrament de Typha angustifolia en alvèol forestal de 300 cm3	0,72 €	4734	3.408,48 €
GR6B1152	u	Plantació en massa de planta de petit port en alvèol forestal, en terreny prèviament preparat, en un pendent inferior al 35 %	0,51 €	14202	7.243,02 €
				<b>TOTAL</b>	<b>321.969,27 €</b>

## 5. BIBLIOGRAFIA

- BALANYÀ, T., DE PABLO, J. (2017). *Informe sobre l'estat químic i biològic de la zona humida del campus de la UPC – Parc Mediterrani de la Tecnologia a Castelldefels*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- BALLESTEROS, F., TORRE, I., SEGUÍ, J.M., I VIDAL, E. (2001). *L'estany de laminació del campus de la UPC a Castelldefels, una zona humida urbana al delta del Llobregat*. Spartina 4: 209-218.
- BRIX, H. (1994). *Functions of macrophytes in constructed wetlands*. Water Science & Technology, 29, 71-78.
- ESTUDIANTES. EL PAÍS. *La degradación del estanque de laminación de la UPC* [Consulta: 20 abril 2017; 13:59 CET]. Disponible a: <<http://estudiantes.elpais.com/EPE2015/periodico-digital/ver/equipo/2070/articulo/la-degradacin-del-estanque-de-laminacin-de-la-upc>>
- GARCÍA, J. (2004). *Humedales contruidos para controlar la contaminación: perspectiva sobre una tecnología en expansión. Nuevos Criterios para el Diseño y Operación de Humedales Construidos. Una Alternativa de Bajo Coste para el Tratamiento de Aguas Residuales*. Universitat Politècnica de Catalunya. pp. 7-16.
- GARCÍA, J., CORZO, A., (2008). *Depuración con humedales contruidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. Departament d'Engenieria Hidràulica, Marítima i Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- MINGO, M. DE., TORRE, I. (2004). *ITINERA, recorregut ambiental al Campus del Baix Llobregat*. Monografies Textures 504, vol. 4. Universitat Politècnica de Catalunya.
- NETTER, R. (1994) *Flow characteristics of planted soil filtred*. Water Science and Technology, 29 (4), 37-44.

PUJADAS, M., BRUNO, J., FERRER-BALAS, D., SANS, R. (2005) *Gestión integral del ciclo del agua como elemento educador y de sensibilización ambiental en el campus del baix Llobregat de la UPC*. Plan de Medio Ambiente.

TORRE, I., PIERA, J. (2003). *Colonització de l'estany de laminació de la UPC a Castelldefels per la flora i fauna del delta del Llobregat*. Coordinació del Pla de medi ambient. Universitat Politècnica de Catalunya. 2n Pla de medi ambient (2002-2003).

URS (2002, inèdit). *Seguiment limnològic de l'estany de laminació del Parc Mediterrani de la Tecnologia*. Informe final (cicle 2001-2002). Laboratori Real. Universitat Politècnica de Catalunya.

VYMAZAL, J. (2007). *Removal of nutrients in various types of constructed wetlands*. Sci. Total Environ., 380(1-3), 48–65.



## 6. ANNEXES





ESCALA 1:25.000



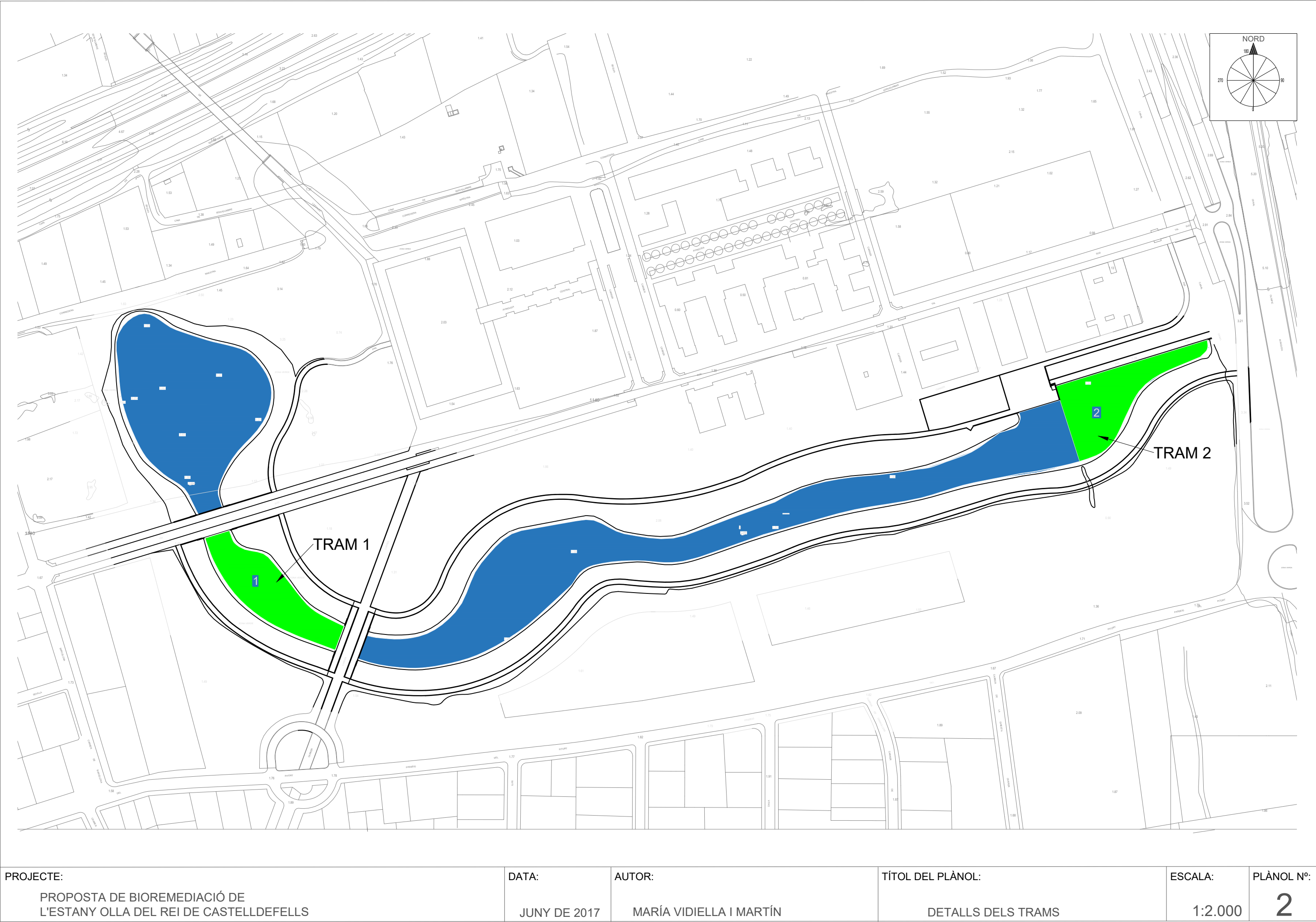
ESCALA 1:15.000

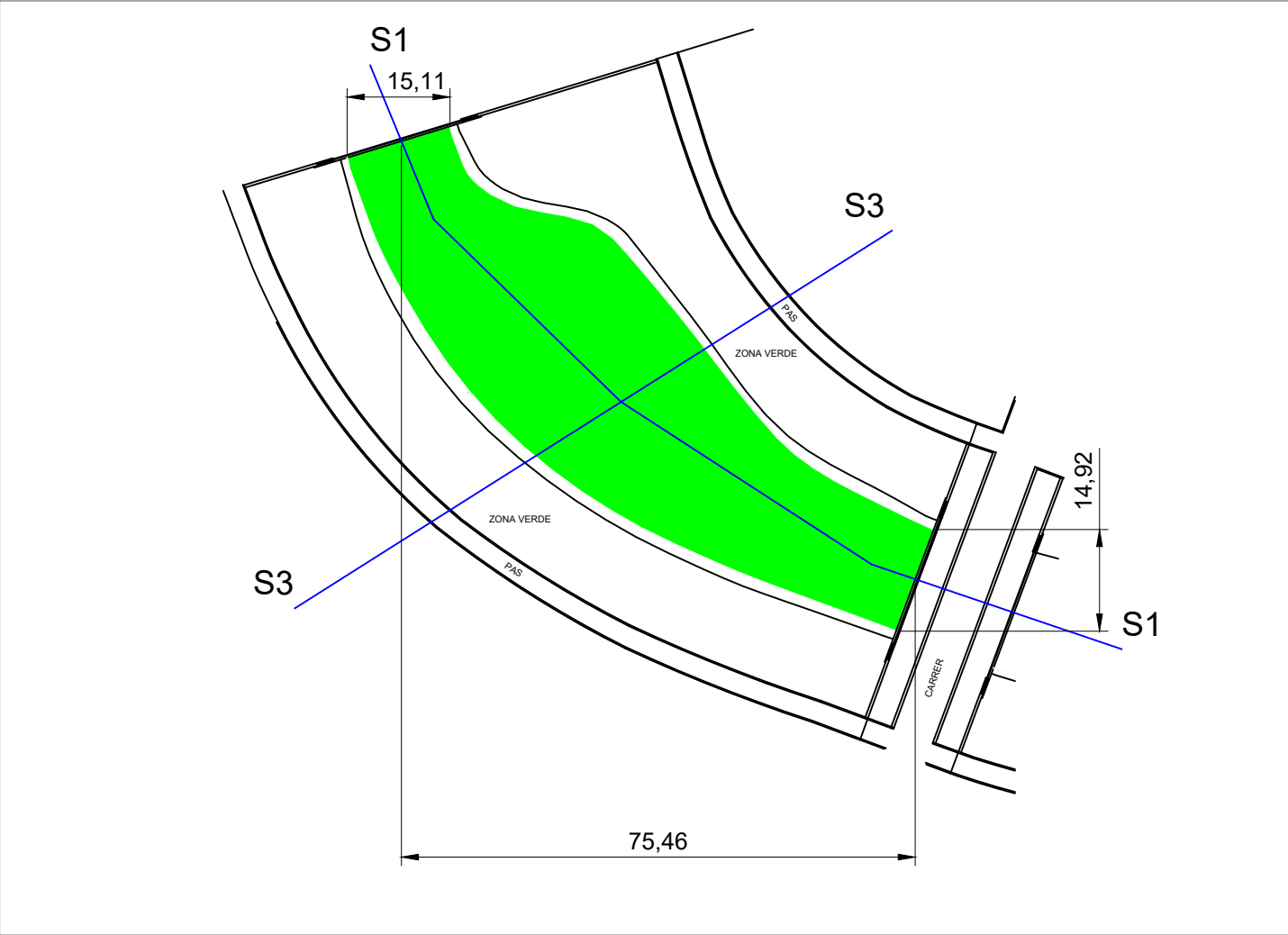


ESCALA 1:2.000

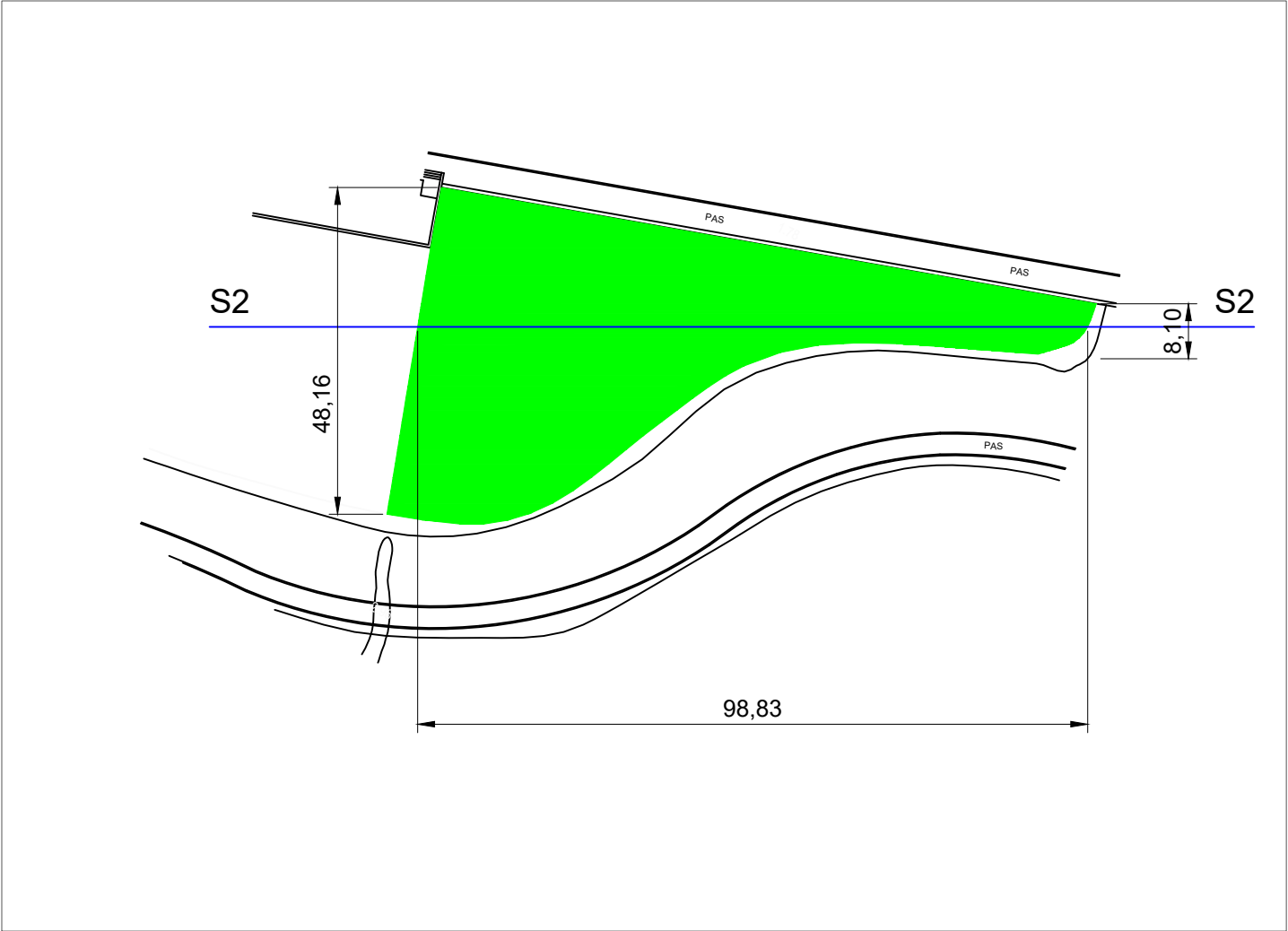
PROJECTE:	DATA:	AUTOR:	TÍTOL DEL PLÀNOL:	ESCALA:	PLÀNOL Nº:
PROPOSTA DE BIOREMEDIACIÓ DE L'ESTANY OLLA DEL REI DE CASTELLDEFELS	JUNY DE 2017	MARÍA VIDIELLA I MARTÍN	SITUACIÓ DE LA PROPOSTA	VARIES	1



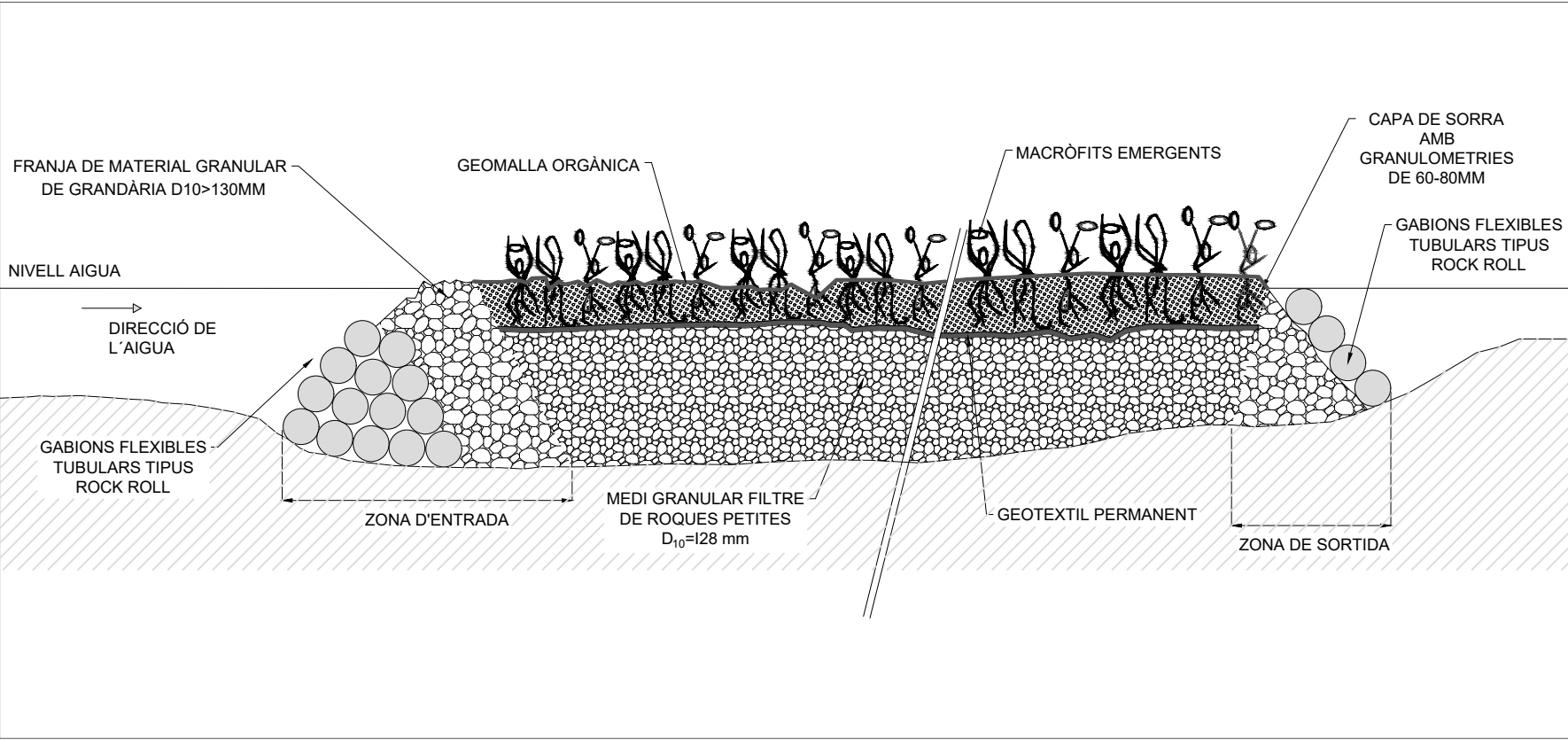




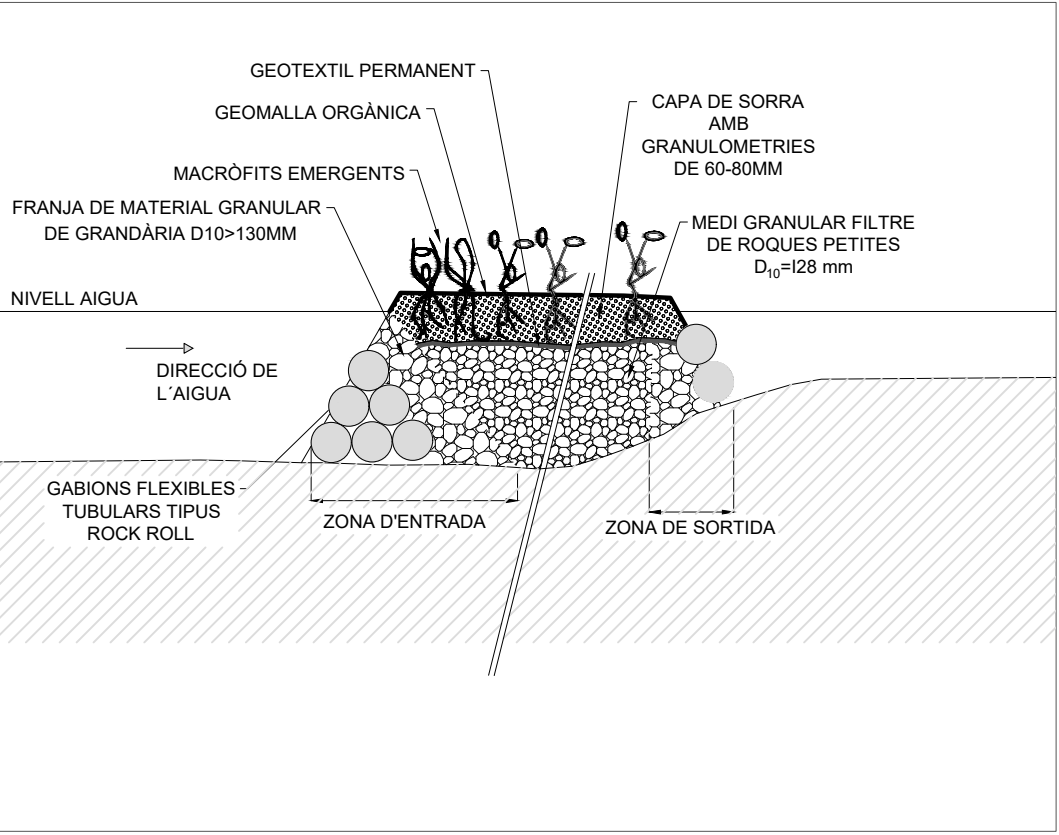
DIMENSIONS: SECCIONS TRAM 1  
ÀREA: 2312,73 M<sup>2</sup>



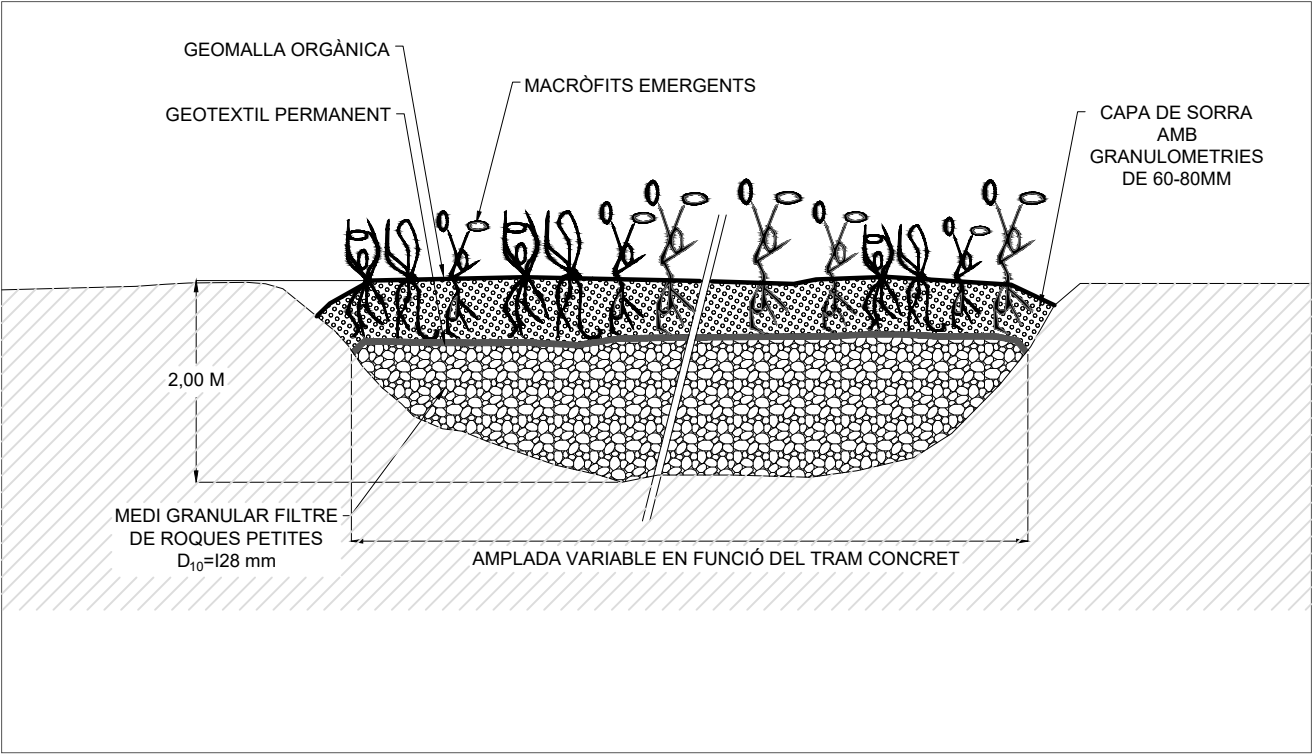
DIMENSIONS: SECCIONS TRAM  
ÀREA : 2421.66 M<sup>2</sup>



ESQUEMA DETALLS AIGUAMOLL SECCIÓ LONGITUDINAL (TRAM 1 - S1)



ESQUEMA DETALLS AIGUAMOLL SECCIÓ LONGITUDINAL (TRAM 2 - S2)



ESQUEMA DETALLS AIGUAMOLL SECCIÓ TRANSVERSAL (TRAM 1 : TRAM 2 - S3)

PROJECTE:	DATA:	AUTOR:	TÍTOL DEL PLÀNOL:	ESCALA:	PLÀNOL Nº:
PROPOSTA DE BIOREMEDIACIÓ DE L'ESTANY OLLA DEL REI DE CASTELLDEFELLS	JUNY DE 2017	MARÍA VIDIELLA I MARTÍN	DETALLS DE L'AIGUAMOLL	1:75	4